

Implementasi Model 3D Jantung Manusia pada Aplikasi *Markerless Augmented Reality*

Aldibangun Pidekso Putro ¹, Herman ², Muhammad Kunta Biddinika ³, Suwanti ^{4*}

^{1,2,3} Program Studi Magister Informatika, Universitas Ahmad Dahlan, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia.

^{4*} Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Maumere, Kabupaten Sikka, Provinsi Nusa Tenggara Timur, Indonesia.

article info

Article history:

Received 10 January 2025

Received in revised form

10 February 2025

Accepted 10 March 2025

Available online July 2025.

Keywords:

Augmented Reality; Markerless

AR; 3D Heart Model; Medical

Education; Smartphone.

Kata Kunci:

Augmented Reality; Markerless

AR; Model 3D Jantung;

Pendidikan Medis;

Smartphone.


abstract

Augmented Reality (AR) has become an innovative technology in the healthcare sector. In the medical context, AR offers significant potential, such as supporting medical training, enhancing anatomical visualization, and improving understanding of patient conditions. Cardiac anatomy training and education in the medical world still rely heavily on conventional methods including 2D diagrams, physical models, or desktop-based computer simulations, which are less interactive, inflexible, and less realistic. This research aims to develop a markerless AR application for the visualization of 3D models of the human heart to improve understanding of the heart structure in the context of heart disease treatment. The process starts with the design of a 3D model using Blender, which is then imported into Unity to be integrated with the AR Foundation, allowing the placement of the model in the real world without markers. This AR application was tested on an Android Smartphone device. The test results showed successful visualization of the heart model accurately over the human chest (physical reality). This application makes a significant contribution in medical education by offering an interactive and realistic solution. This research opens up opportunities for the application of AR in health education and medical training. Further development could include interactive features simulating the circulatory system as a whole.

abstrak

Augmented Reality (AR) telah menjadi teknologi inovatif dalam bidang Kesehatan. Dalam konteks medis, AR menawarkan potensi besar, seperti membantu pelatihan medis, visualisasi anatomi, dan peningkatan pemahaman terhadap kondisi pasien. Pelatihan dan edukasi anatomi jantung di dunia medis masih banyak mengandalkan metode konvensional termasuk diagram 2D, model peraga fisik, atau simulasi komputer berbasis desktop, yang kurang interaktif, tidak fleksibel, dan kurang realistis. Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi AR markerless untuk visualisasi model 3D jantung manusia guna meningkatkan pemahaman tentang struktur jantung dalam konteks perawatan penyakit jantung. Proses dimulai dengan desain model 3D menggunakan Blender, yang kemudian diimpor ke Unity untuk diintegrasikan dengan AR Foundation, memungkinkan penempatan model di dunia nyata tanpa marker. Aplikasi AR ini diuji pada perangkat Smartphone Android. Hasil pengujian menunjukkan keberhasilan visualisasi model jantung secara akurat di atas dada manusia (physical reality). Aplikasi ini memberikan kontribusi signifikan dalam pendidikan medis dengan menawarkan solusi interaktif dan realistis. Penelitian ini membuka peluang untuk penerapan AR dalam pendidikan kesehatan dan pelatihan medis. Pengembangan lebih lanjut dapat mencakup fitur interaktif simulasi sistem peredaran darah secara keseluruhan.

Corresponding Author. Email: suwantis009@gmail.com ^{4}.

Copyright 2025 by the authors of this article. Published by Lembaga Otonom Lembaga Informasi dan Riset Indonesia (KITA INFO dan RISET). This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. 



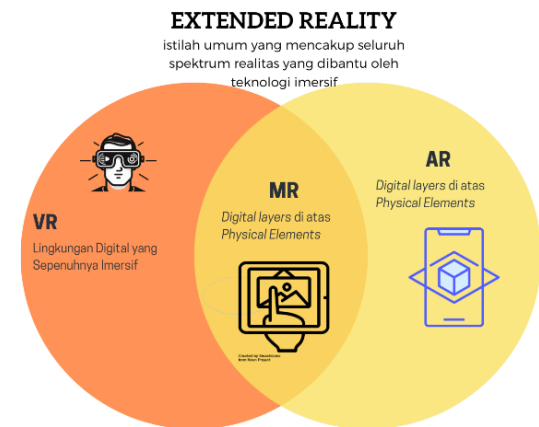
ACM Computing Classification System (CCS)

EBSCOhost

Communication and Mass Media Complete (CMMC)

1. Pendahuluan

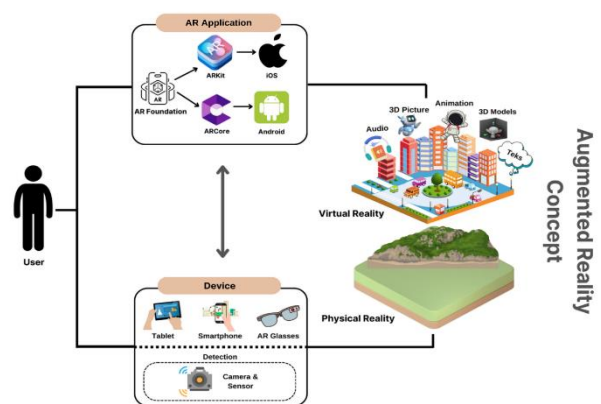
Perkembangan teknologi digital telah merubah berbagai aspek kehidupan manusia. Salah satu inovasi dalam dekade terakhir adalah teknologi *Extended Reality* (XR). XR merupakan bagian umum yang mencakup berbagai teknologi imersif seperti *Virtual Reality* (VR), *Augmented Reality* (AR), dan *Mixed Reality* (MR). Teknologi ini bertujuan untuk menciptakan lingkungan atau objek virtual yang dapat berinteraksi secara real-time dengan dunia nyata. Sebagian literatur mengartikan XR sebagai kombinasi interaksi grafis yang dihasilkan manusia dan komputer, yang berada dalam realitas serta lingkungan virtual (Ara *et al.*, 2021; Joskowicz, 2023). Konsep XR muncul ketika teknologi seperti *Augmented Reality* dan *Virtual Reality* digunakan oleh pengembang dan perusahaan teknologi di seluruh dunia. Gambar 1 menunjukkan kaitan teknologi XR dengan beberapa teknologi pendukungnya seperti yang dikemukakan oleh Joskowicz (2023).



Gambar 1. Teknologi *Extended Reality*

Secara umum, XR terdiri dari tiga teknologi utama, yaitu VR, AR, dan MR. Ketiga teknologi ini menawarkan cara yang berbeda dalam berinteraksi dengan lingkungan digital dan fisik. AR adalah salah satu komponen utama dalam teknologi XR, yang menggabungkan elemen digital ke dalam pandangan dunia nyata (Joskowicz, 2023; Southworth *et al.*, 2020). Teknologi ini memungkinkan pengguna melihat objek virtual melalui perangkat seperti smartphone atau kacamata AR. Berbeda dengan VR, AR mempertahankan lingkungan fisik sambil menambahkan informasi atau objek digital. VR menciptakan dunia virtual yang sepenuhnya

disimulasikan, memungkinkan pengguna untuk merasakan pengalaman yang sepenuhnya imersif (Harrington *et al.*, 2022). Adapun MR mengintegrasikan kedua elemen tersebut dengan cara yang lebih dinamis, sehingga memungkinkan objek virtual berinteraksi dengan dunia nyata secara real-time (Kim *et al.*, 2024; Shen *et al.*, 2024). Saat ini, perkembangan perangkat keras AR lebih canggih dan peningkatan teknologi pelacakan gerakan semakin mempercepat adopsi AR, menjadikannya lebih efisien dan beragam aplikasinya. Secara konseptual AR diilustrasikan pada diagram Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Konsep *Augmented Reality* (AR)

Secara konseptual, AR adalah teknologi yang menggabungkan elemen-elemen digital ke dalam dunia nyata, sehingga menciptakan pengalaman yang memperkaya persepsi pengguna terhadap lingkungan fisik di sekitarnya. Teknologi ini terdiri dari dua komponen utama, yaitu *Physical Reality* (PR) yang merujuk pada dunia fisik yang kita alami sehari-hari dan *Virtual Reality* (VR) yang merupakan elemen digital yang ditambahkan ke dunia nyata yang desain melalui aplikasi AR pada AR Foundation (*ARKit* dan *ARCore*) (Romalee *et al.*, 2023; Fath *et al.*, 2024). Elemen digital tersebut berupa gambar, suara, dan informasi lainnya yang disajikan melalui perangkat seperti smartphone, tablet, atau kacamata AR (Bryant *et al.*, 2024). Integrasi antara PR dan VR inilah yang menjadi dasar dari konsep AR, memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan objek virtual yang berbaur dengan lingkungan fisik secara real-time. Berbeda dengan VR yang sepenuhnya menggantikan dunia nyata dengan dunia simulasi, AR justru memperkaya dunia fisik dengan menambahkan informasi atau objek digital yang relevan tanpa

mengubah atau menggantikan lingkungan tersebut. Teknologi ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman dan pengalaman pengguna dalam berbagai konteks, seperti pendidikan, hiburan, kesehatan, dan industri, dengan memberikan informasi tambahan yang dapat membantu dalam pengambilan keputusan atau proses belajar. Contoh penerapannya adalah *Pokemon-GO* yang menggunakan AR sehingga pengguna dapat berinteraksi dengan dunia nyata maupun dunia maya dengan bantuan gadget digital, serta filter yang kita lihat di banyak aplikasi (Piñal & Arguelles, 2024). Teknologi *Augmented Reality* (AR) terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu AR berbasis marker (*marker-based*) dan AR tanpa marker (*markerless*), yang masing-masing memiliki pendekatan berbeda dalam mengintegrasikan elemen digital ke dalam dunia nyata. AR berbasis marker menggunakan pola atau gambar sebagai referensi untuk menampilkan objek digital yang terhubung dengan marker tersebut, tetapi terbatas pada ketergantungan terhadap marker fisik yang harus ada di lingkungan (Eves *et al.*, 2022; Dinh *et al.*, 2023).

Sebaliknya, AR *markerless* menghilangkan kebutuhan akan marker fisik dengan menggunakan teknologi pelacakan berbasis fitur lingkungan, seperti permukaan, kedalaman, atau orientasi objek di dunia nyata, memungkinkan perangkat mendeteksi dan menempatkan objek virtual dengan akurat (Koulouris *et al.*, 2022; Reyes-Ruiz & Hernández-Hernández, 2020). AR *markerless* dianggap lebih unggul karena tidak bergantung pada marker fisik, memberikan kebebasan dalam penggunaannya di berbagai lingkungan, serta menawarkan pengalaman yang lebih intuitif dan imersif, di mana objek digital dapat berinteraksi langsung dengan dunia nyata tanpa batasan marker (Stavropoulos *et al.*, 2021). Selain itu, teknologi ini lebih mudah diakses karena perangkat seperti smartphone atau tablet dapat langsung digunakan untuk mengaktifkan pengalaman AR tanpa memerlukan perangkat tambahan khusus. Teknologi *Augmented Reality* (AR) saat ini semakin berkembang dan diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk sektor kesehatan, untuk meningkatkan pemahaman, diagnosis, dan prosedur medis (Reyes-Ruiz & Hernández-Hernández, 2020; Wenjia & Ziqi, 2023). Dalam bidang ini, AR memungkinkan visualisasi model 3D organ tubuh manusia, seperti

jantung, otak, dan organ lainnya, yang dapat dianalisis secara mendalam dan interaktif. Salah satu inovasi signifikan adalah penerapan AR *markerless*, yang menggunakan pelacakan berbasis fitur lingkungan, seperti permukaan atau kedalaman, tanpa memerlukan marker fisik (Wenjia & Ziqi, 2023). Teknologi ini memungkinkan penciptaan dan interaksi dengan model anatomi organ dengan akurat di berbagai lingkungan medis. AR *markerless* memberikan fleksibilitas yang lebih besar dalam aplikasi medis, seperti pendidikan kedokteran, perencanaan bedah, dan komunikasi antara dokter dan pasien, serta menawarkan pengalaman yang lebih imersif dan mudah diakses tanpa memerlukan perangkat atau marker. Berbagai perusahaan multimedia besar di dunia melakukan riset dan pengembangan dalam bidang ini (Jung *et al.*, 2022). Pelatihan dan edukasi anatomi jantung masih banyak mengandalkan metode konvensional, seperti penggunaan diagram 2D, model peraga fisik, atau simulasi komputer berbasis desktop, yang memiliki keterbatasan dalam hal interaktivitas, fleksibilitas, dan realisme.

Metode tersebut seringkali tidak dapat memberikan pengalaman belajar yang imersif dan tidak dapat memperlihatkan struktur organ secara dinamis, sehingga mengurangi pemahaman yang mendalam terhadap anatomi dan fungsi jantung. Permasalahan tersebut memerlukan implementasi teknologi *Augmented Reality* (AR) *markerless* dalam pembuatan dan visualisasi model 3D anatomi jantung. Teknologi ini memungkinkan pengguna berinteraksi dengan model organ secara real-time dan dari berbagai sudut pandang. Teknologi AR *markerless* menawarkan solusi yang lebih fleksibel, interaktif, dan realistis, memungkinkan mahasiswa kedokteran, profesional medis, dan pasien untuk memperoleh pengalaman visual yang lebih mendalam dan akurat. Penelitian ini terinspirasi dari beberapa penelitian terdahulu yang telah membahas penerapan AR dalam bidang kesehatan, dengan fokus pada peningkatan pemahaman medis, diagnosis, dan perencanaan bedah. AR digunakan untuk visualisasi anatomi tubuh manusia dalam bentuk 3D, yang memungkinkan pengalaman belajar yang lebih mendalam dan interaktif. Penelitian seperti yang dilakukan oleh Pereira *et al.* (2018) dan Zhang *et al.* (2020) menunjukkan bahwa AR, baik berbasis marker

maupun *markerless*, dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa kedokteran dan membantu dokter dalam merencanakan prosedur medis. Pereira *et al.* meneliti pemanfaatan AR dalam pendidikan anatomi (Pereira *et al.*, 2020), sementara Zhang *et al.* menekankan aplikasi AR dalam perencanaan bedah dengan memberikan model organ tubuh yang lebih akurat dan real-time (Zhang *et al.*, 2023). Penelitian saat ini, yang mengimplementasikan model 3D jantung pada aplikasi AR *markerless*, semakin memperkuat relevansi teknologi ini dalam bidang kesehatan. Dengan teknologi AR *markerless*, yang tidak memerlukan marker fisik, model 3D jantung dapat diintegrasikan langsung ke dalam lingkungan nyata, memungkinkan interaksi yang lebih fleksibel dan alami. Hal ini sejalan dengan temuan Jung *et al.* (2022) yang menunjukkan bahwa AR *markerless* memungkinkan visualisasi anatomi secara dinamis dan dapat diakses tanpa pengaturan khusus (Jung *et al.*, 2022). Penerapan AR *markerless* dalam visualisasi 3D jantung mempermudah pendidikan kedokteran dan perencanaan bedah.

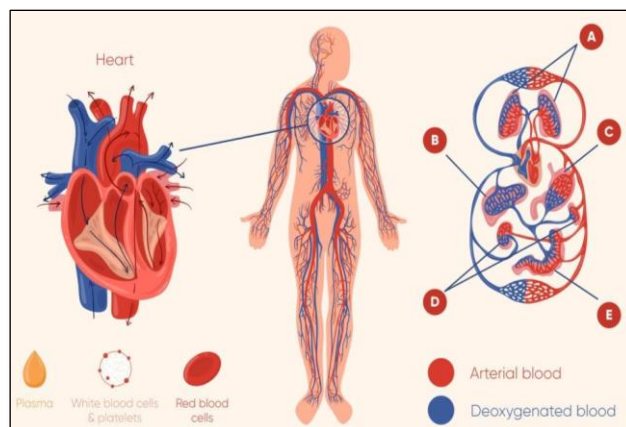
Teknologi ini memungkinkan pengguna melihat dan memanipulasi model jantung dari berbagai sudut pandang, sehingga meningkatkan pemahaman tentang struktur dan fungsi organ tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengimplementasikan teknologi *Augmented Reality* (AR) *markerless* dalam pembuatan dan visualisasi model 3D anatomi jantung, yang dapat digunakan untuk meningkatkan pemahaman terhadap struktur dan fungsi organ jantung. Harapan dari hasil penelitian ini adalah untuk memberikan kontribusi signifikan dalam bidang pendidikan medis dan perawatan kesehatan dengan menyediakan alat yang dapat memperkaya pemahaman tentang anatomi jantung dan organ lainnya. Penelitian ini memperkuat potensi AR sebagai teknologi yang efisien dan interaktif dalam meningkatkan kualitas pendidikan medis dan perawatan kesehatan yang lebih presisi.

2. Metodologi Penelitian

Objek Penelitian

Objek dari penelitian ini adalah sistem peredaran darah manusia (*human circulatory system*), terutama yang berkaitan dengan perawatan penyakit jantung

(*cardiovascular system* - CVD). Penelitian ini difokuskan pada objek 3D jantung manusia yang akan dibuat menjadi model 3D sebagai aset yang akan diproses dengan perangkat lunak *Unity*. Pemodelan 3D jantung manusia tersebut akan dirancang seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3 (Yoo *et al.*, 2021).



Gambar 3. Jantung dan Sistem Peredaran Darah Manusia

Gambar 3 merupakan contoh gambar jantung dan sistem peredaran darah manusia yang akan menjadi referensi pemodelan. Sistem sirkulasi darah terdiri dari jantung yang berfungsi memompa darah ke seluruh pembuluh darah. Sistem kardiovaskuler terdiri atas rangkaian jantung dan pembuluh darah (arteri dan vena). Jantung memiliki empat ruangan yang dipisahkan oleh septum, yaitu atrium kanan, atrium kiri, ventrikel kanan, dan ventrikel kiri. Atrium berperan menerima darah ke jantung dan ventrikel berperan untuk memompa darah keluar jantung. Pusat peredaran darah atau sirkulasi darah ini berasal dari jantung, yaitu sebuah pompa jantung yang berdenyut secara ritmis dan berulang 60-100 x/menit. Setiap denyut menyebabkan darah mengalir dari jantung, ke seluruh tubuh melalui pembuluh darah dalam suatu jaringan tertutup. Jaringan ini terdiri dari arteri, arteriol, dan kapiler kemudian kembali ke jantung melalui venula dan vena (Yoo *et al.*, 2021). Secara umum, ukuran jantung normal 12 cm x 8 cm x 6 cm atau sekepalan tangan orang dewasa (Yoo *et al.*, 2021). Pemodelan 3D jantung manusia yang akan dibuat sesuai dengan ukuran jantung normal. Pemodelan ini kemudian diimplementasikan pada manusia (*Physical Reality*) menggunakan aplikasi AR dalam bentuk *Augmented Reality*.

Kerangka Kerja Penelitian

Kegiatan penelitian akan dilakukan secara bertahap sesuai dengan kerangka kerja penelitian (*research framework*) seperti ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kerangka Kerja Penelitian

Proses pembuatan aplikasi AR untuk menampilkan model 3D jantung manusia dimulai dengan tahap mendesain model 3D jantung menggunakan perangkat lunak *Blender*. *Blender* berfungsi sebagai alat untuk membuat dan mempersiapkan aset 3D sebelum diimpor ke *Unity* dalam pengembangan aplikasi AR. *Blender* digunakan untuk mendesain model 3D dengan detail anatomi seluruh bagian jantung secara akurat berdasarkan referensi yang digunakan. Selanjutnya, model 3D akan diatur melalui proses *modeling*, *texturing*, dan *rendering*. Ketiga proses ini saling melengkapi untuk menciptakan pengalaman AR yang realistis, akurat, dan menarik, terutama dalam aplikasi edukasi atau medis seperti visualisasi jantung dan sistem peredaran darah. Setelah model selesai, tahap selanjutnya mendesain model AR di *Hierarchy Unity* untuk memastikan model dapat berfungsi dengan baik dalam lingkungan AR. Tahap berikutnya adalah menambahkan model 3D jantung manusia ke dalam *AR session* di *Unity*. *Unity* memiliki kerangka kerja *AR Foundation* yang berfungsi untuk mengintegrasikan teknologi AR ke dalam aplikasi native mobile (*iOS* dan *Android*). Kerangka kerja ini mendukung aplikasi AR tanpa marker (*markerless AR*) dan deteksi permukaan di dunia nyata seperti bidang datar sebagai lokasi untuk meletakkan objek virtual tanpa memerlukan penanda (*markerless*). Setelah selesai mendesain aplikasi AR, selanjutnya dilakukan proses *build and run* pada *Unity* dengan *ARCore* agar aplikasi dapat dijalankan pada perangkat *Android* yang mendukung *Augmented Reality*. Proses ini berfungsi untuk mengatur aplikasi dapat berfungsi dengan baik pada perangkat mobile (*smartphone* atau *tablet*) dengan mensinkronisasikan

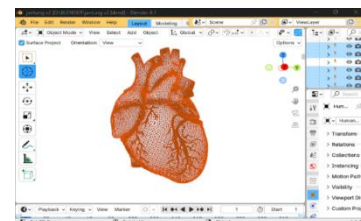
perangkat mobile dengan *Unity*. Proses ini dimulai dengan memilih pengaturan untuk perangkat tujuan, kemudian memastikan perangkat yang dituju memiliki dukungan untuk memanfaatkan fitur *Augmented Reality*. Proses *build* akan menghasilkan file “.apk” untuk diinstal pada perangkat mobile *Android*. Tahap terakhir yaitu menjalankan aplikasi AR pada *real world*. Proses ini dilakukan dengan instalasi “.apk” dan menjalankan aplikasi AR pada *smartphone*. Kemudian aplikasi tersebut diuji coba untuk memastikan aplikasi dapat berjalan dengan baik dari segi fungsi dan antarmuka pengguna. Implementasi ini melibatkan dada manusia sebagai *Physical Reality* dan *smartphone* yang sudah diinstal aplikasi AR *markerless*. Sehingga, model 3D jantung manusia akan ditampilkan pada dada manusia menggunakan aplikasi AR yang sudah dipasang pada *smartphone*.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil

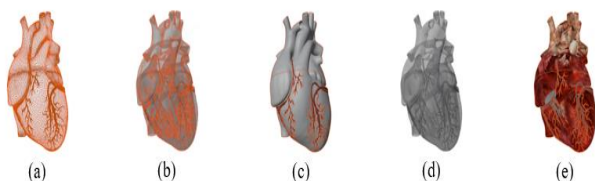
Mendesain 3D Model Jantung

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah mendesain *3D model* Jantung menggunakan *Blender*. Langkah awal melibatkan pembuatan bentuk dasar anatomi jantung berdasarkan referensi medis dari *Computed Tomography (CT) Scan* atau *Cardiac Magnetic Resonance Imaging (MRI)*. Pemodelan jantung 3D mencakup seluruh bagian vital dari organ tersebut, seperti Ventrikel dan Atrium yang merupakan ruang utama jantung yang bertanggung jawab untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Kemudian, katup jantung, termasuk katup aorta, pulmonal, trikuspid, dan mitral, yang memastikan aliran darah yang satu arah. Arteri dan Vena merupakan jaringan pembuluh darah yang menghubungkan jantung dengan seluruh bagian tubuh, seperti aorta dan arteri koroner. Gambar 5 menunjukkan proses mendesain *model 3D* jantung manusia menggunakan perangkat lunak *Blender*.



Gambar 5. Model 3D Jantung Manusia pada *Blender*

Gambar 5 menampilkan *model 3D* Jantung melalui teknik pemodelan poligon dan *sculpting*. Setelah proses pemodelan dasar *3D* (*modeling*) selesai, ditambahkan tekstur untuk memberikan detail visual seperti warna, pola, atau permukaan Jantung (*texturing*). Terakhir, menampilkan tampilan akhir model berdasarkan pencahayaan material dan kamera yang telah diatur (*rendering*). Proses ini bertujuan untuk memastikan interaksi cahaya yang sesuai dengan bentuk organ, menciptakan tampilan yang realistis, dan menambah kesan tiga dimensi. Selain itu, proses ini juga untuk menambah kedalaman yang akurat dan sesuai dengan kebutuhan visual dari *3D model* Jantung. Hasil akhir desain *model 3D* Jantung menggunakan *Blender* ditampilkan pada Gambar 6.

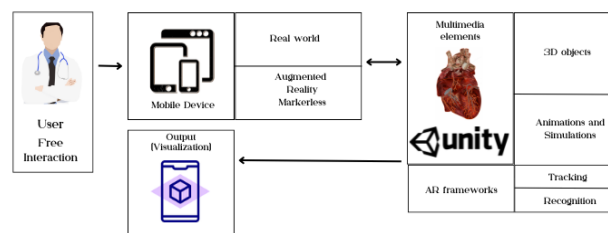


Gambar 6. Hasil *3D model* Jantung Manusia menggunakan *Blender*

Gambar 6 menunjukkan hasil akhir dari desain *model 3D* Jantung Manusia pada menu *Viewport Shading* di *Blender*. Gambar 6(a) adalah tampilan *wireframe view 3D model* Jantung dan Gambar 6(b) merupakan bentuk *X-Ray*-nya. Gambar 6(c) adalah tampilan solid *3D model* Jantung dan Gambar 6(d) merupakan bentuk *X-Ray* solid *3D model* tersebut. Gambar 6 (e) adalah tampilan material preview *model Jantung*. Setelah proses desain selesai, selanjutnya file *3D model* diekspor dalam bentuk format “.fbx”. Kemudian file ini akan digunakan untuk membuat aplikasi AR pada *Unity*.

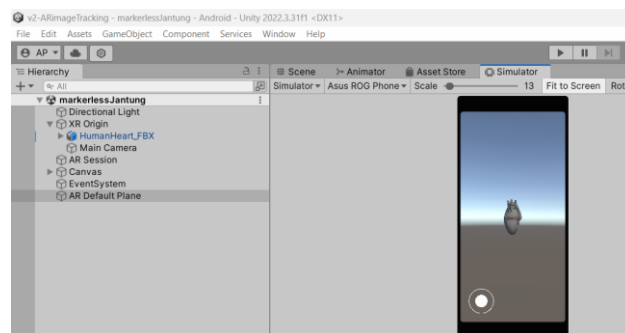
Mendesain dan Membuat Aplikasi AR *Markerless*

Tahap selanjutnya adalah mendesain dan membuat aplikasi AR tanpa marker (*markerless*) di *Unity* yang bertujuan untuk menampilkan *model 3D* Jantung pada dunia nyata (*real world*). Perancangan arsitektur aplikasi ini diilustrasikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Arsitektur dari Aplikasi *Augmented Reality*

Gambar 7 menunjukkan arsitektur desain aplikasi AR dari interaksi pengguna sampai dengan menampilkan output visualisasi. Pada arsitektur ini, pengguna berinteraksi dengan *mobile device* dalam lingkungan *real world* dan *AR markerless*. *AR markerless* dirancang pada *Unity* dengan *AR Frameworks* (*tracking* dan *recognition*) yang menghasilkan elemen *3D objects*, *animations*, dan *simulations*. AR ini kemudian ditampilkan visualisasinya pada *smartphone*. Langkah awal mendesain aplikasi AR *markerless* pada *Unity* yaitu penambahan *GameObject* pada *Hierarchy*. Proses ini dilakukan penambahan aset, pengaturan *plane*, dan *AR camera*. Tujuan dari proses ini adalah untuk menciptakan pengalaman visual yang realistis, imersif, dan interaktif. Aset *model jantung* disediakan sebagai elemen utama, pengaturan *plane* memastikan model dapat ditempatkan akurat di permukaan nyata, dan *AR Camera* mengintegrasikan model dengan lingkungan pengguna. Hasil desain *hierarchy Unity* ditampilkan pada Gambar 8.



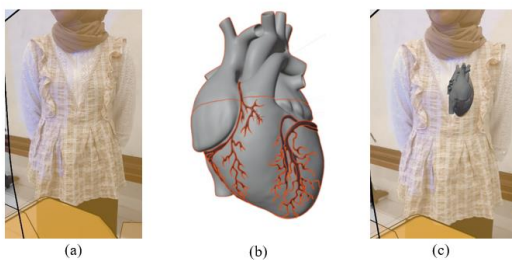
Gambar 8. Tampilan hasil desain AR pada simulator *Unity*

Gambar 8 menampilkan hasil AR pada simulator *Unity* untuk dilakukan simulasi virtual *smartphone*. Selanjutnya dilakukan proses *Build and Run* pada *Unity* untuk perangkat *smartphone Android*. Tahap ini memproses semua elemen proyek, seperti *model 3D*, *script*, dan fitur AR, menjadi file aplikasi yang dapat dijalankan, seperti APK untuk Android. Proses ini

mencakup kompilasi, optimasi agar sesuai dengan perangkat target, dan pengujian langsung untuk memastikan aplikasi berjalan lancar. Hasil akhirnya adalah aplikasi AR *markerless* yang siap digunakan dengan fitur deteksi permukaan.

Menjalankan aplikasi AR pada *Real World*

Tahap terakhir dari penelitian ini adalah menjalankan aplikasi AR *markerless* di *smartphone* dan mengevaluasi aplikasi setelah dijalankan pada *real world*. Sebelum menjalankan aplikasi AR, terlebih dahulu dilakukan penginstalan file APK pada *smartphone Android*. Aplikasi dijalankan dengan membuka shortcut aplikasi AR pada desktop *smartphone Android*. Proses dimulai dengan membuka aplikasi dan mengarahkan kamera *smartphone* ke permukaan dada manusia yang difokuskan pada posisi jantung. Gambar ilustrasi aplikasi AR yang dijalankan pada *real world* disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Tampilan *Augmented Reality* Tanpa Marker

Gambar 9 menunjukkan hasil aplikasi AR *markerless* yang diuji pada dada manusia. Pada Gambar 9(a) terdapat bidang dada manusia (*Physical Reality*) sebagai objek *real world* yang akan menampilkan Gambar 9(b) berupa *3D model* Jantung manusia (*Virtual Reality*). Visualisasi AR secara keseluruhan ditampilkan Gambar 9(c) dimana pada dada manusia nampak *3D model* Jantung. Pengujian ini untuk memastikan bahwa objek *3D* ditampilkan secara akurat dan interaksi dengan pengguna berjalan lancar. Berdasarkan hasil pengujian, aplikasi AR *markerless* telah berhasil menampilkan objek *3D model* Jantung pada dada manusia. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dengan mengembangkan aplikasi AR *markerless* yang berhasil memvisualisasikan *model 3D* jantung manusia secara tepat di atas dada manusia (objek *real world*). Solusi ini menawarkan inovasi dalam pendidikan medis dan

simulasi anatomi sehingga pengguna dapat mempelajari struktur jantung secara interaktif, imersif, dan realistis tanpa memerlukan marker. Aplikasi ini juga membuka peluang untuk memanfaatkan teknologi AR di berbagai bidang, seperti pendidikan kesehatan, pelatihan medis, dan dukungan dalam perawatan pasien. Pengembangan selanjutnya, disarankan menambahkan fitur interaktif yang lebih canggih, seperti simulasi aliran darah atau animasi detak jantung, guna meningkatkan pengalaman pengguna. Selain itu, integrasi teknologi sensorik seperti deteksi gerakan atau biometrik dapat meningkatkan akurasi dan penerapan dalam skenario klinis. Uji coba aplikasi di berbagai kondisi lingkungan dan perangkat juga perlu dilakukan untuk memastikan performa yang stabil dan kompatibilitas yang lebih luas. Penelitian lanjutan ini akan memperkuat pemanfaatan aplikasi AR di bidang medis dan pendidikan.

Pembahasan

Dalam penelitian ini, penggunaan teknologi *Augmented Reality (AR) markerless* untuk visualisasi model 3D jantung manusia di dunia nyata menunjukkan potensi besar dalam mengubah cara pendidikan medis dan pelatihan profesional dilakukan. Teknologi AR, terutama yang berbasis *markerless*, memungkinkan penempatan objek virtual dalam dunia nyata tanpa memerlukan marker fisik, memberikan pengalaman yang lebih fleksibel dan interaktif bagi pengguna. Penggunaan AR dalam bidang kesehatan sudah terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman medis, seperti yang diungkapkan oleh Ara *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa teknologi ini dapat meningkatkan pemahaman pasien dan profesional medis terhadap anatomi tubuh manusia. Lebih lanjut, Jung *et al.* (2022) menunjukkan bahwa aplikasi AR dalam perawatan kardiovaskular tidak hanya memberikan pemahaman lebih baik mengenai struktur tubuh, tetapi juga mendukung pengambilan keputusan medis yang lebih tepat, dengan visualisasi anatomi yang lebih dinamis. Proses pembuatan model 3D jantung menggunakan *Blender* memastikan akurasi anatomi dengan merujuk pada data medis yang diambil dari *CT Scan* dan *MRI*. Ini sesuai dengan temuan Southworth *et al.* (2020) yang menunjukkan bahwa visualisasi model anatomi menggunakan teknologi digital memberikan pengalaman yang jauh lebih mendalam dibandingkan metode konvensional

seperti diagram 2D atau model fisik. Setelah model 3D selesai, aplikasi AR dikembangkan menggunakan *Unity* dengan *AR Foundation*, memungkinkan integrasi mulus antara dunia nyata dan virtual, serta mendeteksi permukaan untuk menempatkan objek 3D tanpa memerlukan marker fisik. Teknologi ini menunjukkan kemajuan signifikan dalam penggunaan AR untuk aplikasi medis, di mana sebelumnya aplikasi AR lebih banyak menggunakan marker (Koulouris *et al.*, 2022). Pengujian aplikasi AR di dunia nyata dengan menggunakan *smartphone* Android menunjukkan bahwa aplikasi ini berhasil memvisualisasikan model jantung 3D di atas dada manusia secara akurat. Hasil ini sejalan dengan temuan oleh Zhang *et al.* (2023), yang menekankan bahwa aplikasi AR *markerless* dapat digunakan untuk mendemonstrasikan anatomi tubuh manusia dalam lingkungan klinis dengan cara yang lebih praktis dan mudah diakses. Pengguna dapat melihat dan berinteraksi dengan model jantung dari berbagai sudut pandang, memberikan pemahaman yang lebih baik tentang struktur dan fungsi jantung. Sebagai tambahan, Shen *et al.* (2024) menambahkan bahwa penerapan AR di sektor medis tidak hanya meningkatkan kualitas pendidikan, tetapi juga mempercepat proses belajar dengan cara yang lebih interaktif dan imersif. Namun, meskipun aplikasi ini sudah berhasil mengimplementasikan model jantung 3D dengan akurat, masih ada peluang untuk pengembangan lebih lanjut.

Seperti yang diungkapkan oleh Romalee *et al.* (2023), penambahan fitur interaktif, seperti simulasi aliran darah atau animasi detak jantung, dapat meningkatkan kedalaman pembelajaran dan memberikan pengalaman yang lebih menyeluruh bagi pengguna. Selain itu, integrasi teknologi sensorik seperti deteksi gerakan atau biometrik dapat meningkatkan aplikasi AR dalam skenario klinis, seperti dalam perencanaan bedah atau pelatihan dokter. Penelitian ini membuka peluang besar untuk penerapan AR di berbagai bidang medis, termasuk pelatihan dan perawatan pasien, serta menunjukkan bagaimana teknologi ini dapat mempercepat kemajuan dalam pendidikan kedokteran dan perawatan kesehatan (Reyes-Ruiz & Hernández-Hernández, 2020). Teknologi AR *markerless* memberikan potensi yang signifikan dalam pendidikan medis dan aplikasi klinis, serta membuka

jalan untuk pengembangan lebih lanjut yang dapat memperkaya pemahaman medis dan perawatan kesehatan secara keseluruhan.

4. Kesimpulan dan Saran

Pengembangan model 3D jantung menggunakan Blender telah berhasil menciptakan visual yang realistis dengan proporsi, tekstur, dan material yang akurat. Proses modeling, texturing, dan rendering memastikan tampilan jantung mencerminkan detail anatomis dan interaksi cahaya secara nyata. Selanjutnya, integrasi model 3D ke dalam aplikasi AR melalui Unity berhasil diimplementasikan *real world*. Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah aplikasi AR *markerless* telah berhasil menampilkan model 3D jantung manusia secara akurat pada dada manusia sebagai objek dunia nyata. Aplikasi ini memberikan pengalaman visual yang interaktif dan realistis tanpa memerlukan marker. Manfaat langsung dari aplikasi ini terutama dalam bidang pendidikan dan kesehatan untuk menyediakan alat bantu pembelajaran yang efektif dan mudah diakses. Dengan teknologi AR *markerless*, masyarakat, khususnya pelajar dan profesional medis, dapat mempelajari anatomi jantung secara mendalam tanpa memerlukan peralatan tambahan. Penelitian ini membuka peluang pemanfaatan teknologi digital untuk meningkatkan literasi kesehatan dan mendukung pelatihan medis yang lebih praktis dan efisien. Pengembangan selanjutnya disarankan untuk menambahkan fitur interaktif, seperti simulasi aliran darah atau animasi detak jantung, serta integrasi sensorik untuk meningkatkan akurasi dan aplikasi klinis. Uji coba di berbagai lingkungan dan perangkat juga perlu dilakukan guna memastikan performa yang stabil dan kompatibilitas yang luas. Penelitian ini akan memperkuat pemanfaatan AR di bidang medis dan pendidikan.

5. Daftar Pustaka

- Ara, J., Bhuiyan, H., Bhuiyan, Y. A., Bhyan, S. B., & Bhuiyan, M. I. (2021). Ar-based modern healthcare: A review. *arXiv preprint arXiv:2101.06364*.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2101.06364>.

- Bryant, L., Decates, J., Bailey, B., & Hemsley, B. (2024). Views on Augmented Reality and Neurodevelopmental Communication Disability: Survey of Parents, Educators, and Health Professionals. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 1-9.
- Dinh, A., Yin, A. L., Estrin, D., Greenwald, P., & Fortenko, A. (2023). Augmented reality in real-time telemedicine and telementoring: Scoping review. *JMIR mHealth uHealth*, 11, https://doi.org/10.2196/45464.
- Eves, J., Sudarsanam, A., Shalhoub, J., & Amiras, D. (2022). Augmented reality in vascular and endovascular surgery: Scoping review. *JMIR Serious Games*, 10(3), 1–12. https://doi.org/10.2196/34501.
- Fath, A., Liu, Y., Xia, T., & Huston, D. (2024). MARSBot: A Bristle-Bot Microrobot with Augmented Reality Steering Control for Wireless Structural Health Monitoring. *Micromachines*, 15(2), 202. https://doi.org/10.3390/mi15020202.
- Harrington, M. C., Jones, C., & Peters, C. (2022). Course on virtual nature as a digital twin: botanically correct 3D AR and VR optimized low-polygon and photogrammetry high-polygon plant models. In *ACM SIGGRAPH 2022 Courses* (pp. 1-69). https://doi.org/10.1145/3532724.3535599.
- Joskowicz, J. (2023). A Historical and Current Review of Extended Reality Technologies and Applications. *Authorea Preprints*.
- Jung, C., Wolff, G., Wernly, B., Bruno, R. R., Franz, M., Schulze, P. C., ... & Kelm, M. (2022). Virtual and augmented reality in cardiovascular care: state-of-the-art and future perspectives. *Cardiovascular Imaging*, 15(3), 519-532. https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2021.08.017.
- Kim, T., Kwon, H. S., Cho, K., & Woo, W. (2024). Holistic patient assessment system using digital twin for XR medical teleconsultation. *ACM International Conference Proceedings Series*, no. AHs, 72–78. https://doi.org/10.1145/3652920.3652943.
- Koulouris, D., Gallos, P., Menychtas, A., & Maglogiannis, I. (2022). Exploiting augmented reality and computer vision for healthcare education: The case of pharmaceutical substances visualization and information retrieval. *Studies in Health Technology and Informatics*, 298, 87–91. https://doi.org/10.3233/SHTI220913.
- Lakshminarayanan, V., Ravikumar, A., Sriraman, H., Alla, S., & Chattu, V. K. (2023). Health care equity through intelligent edge computing and augmented reality/virtual reality: a systematic review. *Journal of multidisciplinary healthcare*, 2839-2859.
- O'Connor, A., Sharrad, K., King, C., & Carson-Chahhoud, K. (2024). An augmented reality technology to provide demonstrative inhaler technique education for patients with asthma: Interview study among patients, health professionals, and key community stakeholders. *Vol. 7*, 1–13. https://doi.org/10.2196/34958.
- Pereira, A. B. C., Santos, I. N. G., Alves, L. F. C., & Eberhard, A. (2020). Augmented reality and transversal system of teaching-learning to teach anatomy. *November*, 41–50. https://doi.org/10.5753/cbie.wie.2020.41.
- Piñal, O., & Arguelles, A. (2024). Mixed reality and digital twins for astronaut training. *Acta Astronautica*, 219, 376–391. https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2024.01.034.
- Reyes-Ruiz, G., & Hernández-Hernández, M. (2020). Augmented reality as a new and innovative learning platform for the medical area. *Mixed Reality Three-Dimensional Comput. Graph.*, 1–13. https://doi.org/10.5772/intechopen.90871.
- Romalee, W., Tsai, F. T., Hsu, Y. C., Hsu, M. L., & Wang, D. H. (2023). A mobile augmented reality-integrated oral health education for community dwelling older adults: A pilot

- study. *Journal of Dental Sciences*, 18(4), 1838-1844.
<https://doi.org/10.1016/j.jds.2023.07.019>.
- Romalee, W., Tsai, F., Hsu, Y., Hsu, M., & Wang, D. (2024). Effectiveness of mobile augmented reality-integrated oral health education for community-dwelling older adults: A randomized controlled trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 117(155), 105277. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2023.105277>.
- Shen, J., *et al.* (2024). Smartphone-based virtual and augmented reality implicit association training (VARIAT) for reducing implicit biases toward patients among healthcare providers: App development and pilot testing. *Vol. 12*. <https://doi.org/10.2196/51310>.
- Southworth, M. K., Silva, J. R., & Silva, J. N. A. (2020). Use of extended realities in cardiology. *Trends in Cardiovascular Medicine*, 30(3), 143–148. <https://doi.org/10.1016/j.tcm.2019.04.005>.
- Stavropoulos, P., Papacharalampopoulos, A., Siatras, V., & Mourtzis, D. (2021). An AR-based digital twin for laser-based manufacturing process monitoring. *Procedia CIRP*, 102, 258–263. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.09.044>.
- Wenjia, D., & Ziqi, Y. (2023). Application and development of augmented reality in the medical field. *International Journal of Frontiers in Medicine*, 5(6), 65–76. <https://doi.org/10.25236/ijfm.2023.050611>.
- Yoo, S. J., Hussein, N., Peel, B., Coles, J., & Van Arsdell, G. S. (2021). 3D modeling and printing in congenital heart surgery: Entering the stage of maturation. *Frontiers in Pediatrics*, 9, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.621672>.
- Zhang, J., Lu, V., & Khanduja, V. (2023). The impact of extended reality on surgery: A scoping review. *International Orthopaedics*, 47(3), 611–621. <https://doi.org/10.1007/s00264-022-05663-z>.